

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
11 DE 3812812 C1

21 Aktenzeichen: P 38 12 812.8-45  
22 Anmeldetag: 16. 4. 88  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 19. 10. 89

61 Int. Cl. 4:  
H01M 8/04  
H 01 M 8/22  
B 01 D 5/00  
// C09K 5/04

DE 3812812 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen  
GmbH, 7990 Friedrichshafen, DE

72 Erfinder:

Lemoine, Joseph, Dr., 7990 Friedrichshafen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 26 04 981  
DE-OS 16 71 963  
DE-OS 14 96 303  
DE-OS 14 96 288  
US 37 38 187  
US 35 76 677

54 Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus Brennstoffen mit elektrochemisch arbeitenden Brennstoffzellen

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus Brennstoffen mittels elektrochemisch arbeitenden Brennstoffzellen. Um eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Arbeitsweise einer Anlage zu erreichen, sind mit den Brennstoffzellen Wärmetauscher und wenigstens eine Gaswaschanlage gekoppelt. Der Wärmetauscher ist so ausgebildet, daß die im Prozeß anfallenden Wärmemengen zum Betrieb der Brennstoffzellen wiedergenutzt werden. Die Gaswaschanlage dient zur Abscheidung bzw. Wiedergewinnung von in den Brennstoffabgasen enthaltenen Brennstoffrestkomponenten und teurem Katalysatorgas, die den Brennstoffzellen wieder zugeführt werden. Eine weitere Gaswaschanlage und weitere Geräte, sowie besondere Regelungstechniken unter Verwendung von Mikroprozessoren dienen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Anlage bei umweltfreundlicher, praktisch rückstandsfreier Energieerzeugung.

DE 3812812 C1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus Brennstoffen mit elektrochemisch arbeitenden Brennstoffzellen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie sie beispielsweise aus der Enzyklopädie "Naturwissenschaft und Technik", Zweiburgen-Verlag Weinheim, Band 1, 1979, Seiten 585 - 593 als gattungsbildender Stand der Technik als bekannt hervorgeht.

Aus der eingangs genannten Literaturstelle geht eine Brennstoffzelle als bekannt hervor, die aus zwei als Katalysator dienenden Elektroden, die durch einen Elektrolyten voneinander getrennt sind, gebildet ist. Als Brennstoff für die Brennstoffzelle sind bereits die herkömmlichen fossilen Brennstoffe in Betracht gezogen worden. An der Brennstoffelektrode wird beispielsweise ein Gemisch aus Wasserdampf, Brennstoffdämpfen und ein Katalysatorgas zugeführt, unter dessen Einwirkung Kohlendioxid, Wasserstoffionen und Elektronen entstehen. Die Wasserstoffionen wandern durch einen Elektrolyten hindurch zur Lufterlektrode, an der Verbrennungsluft zugeführt wird; wo in einer Wasserstoffionen/Sauerstoffreaktion Wasserdampf entsteht. Um größere elektrische Leistungen zu erreichen, werden Stapel von Brennstoffzellen gebildet, die in Reihe geschaltet sind. Zum Betrieb derartiger Brennstoffzellen sind natürlich Einrichtungen zum Zu- und Abführen der reagierenden Stoffe und der Reaktionsprodukte zu und von an die Elektrodenoberflächen angrenzende Räume, sowie Einrichtungen zur Wärmeregulierung, beispielsweise Wärmetauscher, nötig. Die heute in Betrieb befindlichen Anlagen sind jedoch wegen mangelnder Wirtschaftlichkeit über einzelne begrenzte spezielle Anwendungen nicht hinausgekommen. Dies liegt daran, daß eine konsequente Wiederaufbereitung und Wiederverwendung der am Prozeß beteiligten Stoffe und die Nutzung der anfallenden Wärmemengen nicht stattgefunden hat.

In der DE-OS 16 71 963 ist ein Brennstoffzellensystem aufgezeigt, das zur Abfuhr von Wärme und Wasser für die Regelung von Temperatur und Feuchtigkeit mit entsprechenden Einrichtungen in Verbindung steht. Die gewonnene Abwärme wird zur Konditionierung der Verbrennungsluft wiederverwendet. Ferner ist eine Waschanlage vorgesehen, die dazu dient, das Einströmen von Kohlendioxid mit der Verbrennungsluft zu verhindern. Dies ist beispielsweise notwendig, wenn ein von einem Karbonat gebildeter Elektrolyt verwendet wird.

In der DE-PS 26 04 981 wird die Wirtschaftlichkeit einer Brennstoffzellenanlage durch Zufuhr von unter Druck stehenden Reaktionsmitteln gehoben. Dabei wird die Energie der Kathodenabgase, der Anodenabgase sowie bei der Brennstoffumwandlung anfallender Energiemengen zur Verdichtung genutzt. Außerdem weist die Anlage Kondensatoren zur Wassergewinnung aus Kathoden- und Anodenabgasen auf.

Die DE-OS 14 96 305, DE-OS 14 96 286 und die US-PS 37 36 187 zeigen jeweils Einrichtungen zum Trennen der in den Abgasen enthaltenen Abfallstoffe, beispielsweise Wasser oder Wasserdampf, von überschüssigem Brennstoff, wobei letzterer mittels Pumpen wieder in die Brennstoffzelle zurückgeführt wird. Ferner enthalten die Anlagen Wärmetauscher zum Nutzen der in der Brennstoffzelle anfallenden Wärmemengen.

Bei der US-PS 33 78 677 wird die zugeführte Verbrennungsluft mittels eines Wärmetauschers temperiert

und in einer Waschanlage von Kohlendioxid befreit. Dabei wird die Abwärme der Brennstoffzelle verwendet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aufzuzeigen, die auf der Verwendung von Brennstoffzellen beruht, die einen hohen Wirkungsgrad aufweist und wirtschaftlich und umweltfreundlich betreibbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Durch geeignete Wärmetauscher und Vorrichtungen werden im Prozeß anfallende Wärmemengen zur Erwärmung der zur Brennstoffzelle zuzuführenden Stoffströme wiedergenutzt. Weitere Anlagenteile dienen dazu, die bei der Brennstoffreaktion anfallenden Brennstoffgase mittels Gaswaschanlagen zu reinigen, Brennstoffrestkomponenten den Brennstoffzellen wieder zuzuführen und teure Katalysatorgase wiederzugewinnen. In besonders zweckmäßigen Ausbildungen nach den Unteransprüchen wird die Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit der Anlage durch eine weitere Gaswaschanlage und weitere Geräte, sowie besondere Regelungstechniken unter Verwendung von Mikroprozessoren weiter erhöht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in einer Zeichnung dargestellt. Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung der Gesamtkonfiguration einer Anlage mit einer elektrochemischen Brennstoffzelle zur elektrischen Energieerzeugung.

Die in der Figur dargestellte Einrichtung dient zur direkten elektrochemischen Umwandlung chemischer Energie aus Brennstoffen in elektrische Energie. Die Einrichtung ist anwendbar für die Umwandlung der Energie aus den meisten herkömmlichen Brennstoffen, wie beispielsweise Dieselöl, Kerosin, Benzin, verschiedene Alkohole und auch Butan, Propan und Methan. Das Gerät arbeitet mit Luft als Oxidationsmittel bei einer Betriebstemperatur zwischen 120°C und 250°C. Den Brennstoffelektroden des Brennstoffzellenkerns, der aus einer Anzahl von in Stapel angeordneten einzelnen Brennstoffzellen 1 gebildet sein kann, wird ein Gemisch aus Wasserdampf, Brennstoffdämpfen und einem Katalysatorgas zugeführt. Durch die Elektrodenreaktion werden an der Oberfläche der Brennstoffelektrode Protonen gebildet, die den Strom tragend, durch einen Elektrolyten zur Lufterlektrode wandern, und dort in einer Protonen/Sauerstoffreaktion entladen und in Wasserdampf umgesetzt werden. An der Brennstoffelektrode bilden sich Protonen in einer Reaktionskette, wobei Wasserdampf verbraucht wird, und der Brennstoff in Kohlendioxid umgesetzt wird. Bei vollständigem Verbrauch von Luftsauerstoff und Brennstoff werden die Austrittsgase somit aus einem Stickstoff/Wasserdampfgemisch (verbrauchte Luft), bzw. Wasserdampf/Katalysatorgas/Kohlendioxidgemisch (verbrauchter Brennstoff) bestehen.

Die Verbrennungsluft und das Verbrennungsgasgemisch sind auf die notwendigen Temperaturen zu erwärmen. Zum Anfahren der Anlage wird eine Heizeinrichtung mit einem Dampferzeuger 16 benötigt, mit dem die Brennstoffzelle 1 extra beheizt werden muß. Im Betrieb produziert die Brennstoffzelle 1 durch Verluste genug Wärme, um ihre eigene Betriebstemperatur aufrecht zu erhalten. Hierzu dient ein Wärmetauscher 2, in dem die durch Abkühlung der aus der Brennstoffzelle 1 abgeführten Stoffströme gewonnene Wärme und die aus dem Abscheiden von Kondensaten erzeugte Kondensationswärme zur Erwärmung und Verdampfung der der Brennstoffzelle 1 zuzuführenden Stoffströme

ausgebildet ist. Ein Teil der Wärme muß sogar abgeführt werden, was über die später erläuterten Gaswaschanlagen 11 und 20 und eventuell zusätzlicher Kühlflüssigkeit im Wärmetauscher 2 erreicht werden kann. Ferner kann eine Wärmepumpe 23 zur Regelung der Betriebstemperatur eingesetzt werden. Durch Bilden von Kondensaten im Wärmetauscher 2 werden die Gaswaschanlagen 11 und 20 entlastet. Die im Wärmetauscher 2 aus den Brennstoffgasen gebildeten Kondensate werden durch eine Pumpe 14 abgesaugt und in geschlossenem Kreislauf in das zuströmende Brennstoffgasgemisch im Wärmetauscher 2 wieder eingespritzt. Ein Teil dieses Kondensats wird in einem Kondensattank 15 gespeichert und einem besonderen Dampferzeuger 16 geregelt zugeführt. Dadurch wird der Druck der Brennstoffgase geregelt.

Das aus der verbrauchten Verbrennungsluft anfallende Kondensat besteht aus reinem Wasser, was zu einem Teil in der Gaswaschanlage 11 gebraucht wird, und zum Teil als Abfallprodukt abgeführt werden muß. Im Prozeß wird im Luftraum wesentlich mehr Wasser produziert als im Brennstoffraum verbraucht wird.

Die Gaswaschanlage 11 dient zur Trennung von Katalysatorgas und Brennstoffrestkomponenten aus den aus den Brennstoffzellen 1 abgeführten Brennstoffgasen. Katalysatorgas und Brennstoffrestkomponenten werden im geschlossenen Kreislauf wieder in die Brennstoffzellen 1 eingespeist. Die genannten Stoffe werden mit Wasser aus den Gasen nach dem Gegenstromprinzip ausgewaschen, da die sauren Zwischenprodukte eine ungünstige Auswirkung auf die basische Transportflüssigkeit der Waschanlage 20 haben würden.

Die weitere Gaswaschanlage 20 dient zur Trennung von Kohlendioxyd von den aus der Gaswaschanlage 11 austretenden Restgasen. Das Kohlendioxyd wird in einer Transportflüssigkeit gelöst und aus dem Restgasgemisch abgeführt. Die Restgase werden im geschlossenen Kreislauf über Pumpe 13 wieder in die Brennstoffzelle 1 eingespeist. Als Transportflüssigkeit wird eine Flüssigkeit verwendet, die das Kohlendioxyd bei niedriger Temperatur stark bindet, sie aber bei höherer Temperatur wieder ganz frei gibt. Zum Kühlen der Gaswaschanlage 11 und 20 dienen Wärmetauscher 25 und 27.

Zur Wiederaufbereitung der Transportflüssigkeit dient ein Gerät 21 zum Abscheiden des Kohlendioxyds an die Atmosphäre. Im Gerät 21 wird die Transportflüssigkeit mittels eines Wärmetauschers 24 aufgeheizt. Die Transportflüssigkeit läuft in einem geschlossenen Kreislauf zwischen Gaswaschanlage 20 und Gerät 21 um, wobei ein Wärmetauscher 26 zur Wärmeregulierung vorgesehen ist. Die Transportflüssigkeit wird im Wärmetauscher 26 mit der regenerierten Transportflüssigkeit im Gegenstromprinzip aufgeheizt.

Auch bei Überdimensionierung der Waschanlage 11 läßt sich nicht vermeiden, daß Restspuren des Katalysatorgases in die Waschanlage 20 gelangen und dort die Transportflüssigkeit allmählich blockieren. Zudem sind Brennstoffe üblicherweise nicht schwefelfrei. Der Schwefel landet als Schwefeldioxyd letztendlich in der Waschanlage 20 und blockiert die Transportflüssigkeit ebenso. Die Katalysatorsäure und das Schwefeldioxyd werden wegen ihres stark sauren Charakters nicht durch Aufheizen ausgetrieben. Deswegen ist bei entsprechenden Brennstoffen eventuell ein zusätzliches, jedoch nicht dargestelltes, Gerät erforderlich, um beide Komponenten aus der Transportflüssigkeit abzutrennen und zu entsorgen. Eine derartige Technik ist be-

kannt. Ein solches Gerät kann eingespart werden, wenn durch Austausch der Transportflüssigkeit anlässlich einer Wartung neue Transportflüssigkeit eingefüllt wird. Die entsorgte Transportflüssigkeit könnte dann in einem Chemiewerk wieder aufbereitet werden.

Eine Wärmepumpe 23 dient dazu, die Gaswaschanlagen 11 und 20 auf eine Temperatur etwas über dem Gefrierpunkt abzukühlen. Die regenerierte Wärme dient zum Erhitzen des Dampferzeugers 16 und des Geräts 21 zur Wiederaufbereitung der Transportflüssigkeit. Die Verlustwärme des Systems wird an die Atmosphäre oder an einen Verbraucher abgegeben.

Ein Mikroprozessor dient zur Steuerung der Gas- und Flüssigkeitsströme, sowie zur Steuerung und Überwachung der Betriebstemperaturen und zum Einhalten von Betriebssicherheitskriterien. Sämtliche Ventile und Pumpen sind mikroprozessorgesteuert. Die Luftversorgung der Brennstoffzellen 1 erfolgt über einen Luftfilter 7, einen Kompressor 6, einen Lufttank 5 sowie Ventile 8 und 9. Mit den Ventilen 8, 9 wird — mikroprozessorgesteuert — ein Druck im Luftraum der Brennstoffzelle 1 aufrechterhalten, der dem Druck im Brennstoffraum gleich ist, und durch die Festigkeit der Zellenkonstruktion vorgeschrieben ist. Der Strömungsdurchsatz ist so geregelt, daß er den theoretisch gebrauchten Wert geringfügig übertrifft.

Die Durchströmung der Brennstoffgase wird durch Betätigen des Ventils 10 und durch Regelung der Dampferzeugung im Dampferzeuger 16 geregelt. Wenn das Ventil 10 geschlossen ist, entsteht in den Gaswaschanlagen 11 und 20 ein Vakuum, das die Brennstoffgase beim Öffnen des Ventils 10 aus der Brennstoffzelle 1 durch den Wärmetauscher 2 hindurch absaugt. Der Druck im Brennstoffraum wird durch den Dampferzeuger 16, in Verbindung mit den Ventilen 18 und 19 und durch Einspritzen von Brennstoff wieder aufgebaut. Die Pumpe 14 und das Einspritzen von Kondensat in den Wärmetauscher 2 sorgt für einen — geschlossenen Kreislauf. Die Durchströmung der Brennstoffgase wird unabhängig von der Einspritzung von Brennstoff geregelt, da der Partialdruck des Brennstoffs in breiten Grenzen variiert werden kann.

Die Brennstoffeinspritzung kann an den mit A, B oder C gekennzeichneten Punkten je nach Flüchtigkeit des verwendeten Brennstoffs erfolgen. Die in Stapeln angeordneten Brennstoffzellen 1 werden vorteilhafterweise nacheinander vom zuzuführenden Brennstoffgasgemisch durchströmt. Die Brennstoffzellenspannung ist abhängig vom Logarithmus des Partialdrucks des Brennstoffs. Die Differenz der Brennstoffzellenspannungen einer ersten und einer letzten Gruppe in der Serpentinströmung läßt sich aber leicht messen und dadurch die Verarmung des Brennstoffs genau bestimmen. Die Messung der Brennstoffzellenspannungen wird also herangezogen, um die Brennstoffeinspritzung so zu regeln, daß nahezu der gesamte zugeführte Brennstoff verbraucht wird. Da nur wenig überschüssiger Brennstoff mit den Brennstoffgasen austritt, werden die Gaswaschanlagen 11 und 20 wenig belastet.

In der Brennstoffelektrode wird Wasser verbraucht, das aus dem Waschwasser der Gaswaschanlage 11 entnommen wird. Das Wasser wird dem im Wärmetauscher 2 zugeführten Kondensat zugeschlagen. Die Zufuhr an Wasser wird derart geregelt, daß seine Konzentration im Brennstoffkondensat konstant bleibt.

Durch Regelung der Pumpe 22 und durch Regelung der Wärmepumpe 23 läßt sich die Abscheidung von Kohlendioxyd aus der Transportflüssigkeit regeln. Der

Durchsatz wird nach dem Gehalt an Kohlendioxid am Ausgang der Gaswaschanlage 11 oder in der Transportflüssigkeit gesteuert.

Der zur Regelung des Arbeitsprozesses eingesetzte Mikroprozessor dient ferner zur Überwachung der Drücke, ob also bei Bruch der Zellenstruktur ein plötzlicher Druckabfall stattfindet, oder ob bei einem Leck in der Brennstoffzelle Katalysatorsäure im Luftkondensat auftritt, oder ob die Temperaturen eingehalten werden. Im Falle einer Fehlfunktion werden Sicherheitsventile geöffnet, die jedoch nicht dargestellt sind. Die Sicherheitsventile bewirken, daß der Druck in beiden Zellenhälften gleich gemacht wird, um die dort befindlichen Gase durch ein Sicherheitsgas, wie beispielsweise Stickstoff oder Kohlendioxid, zu verdrängen. Im Ruhezustand der Anlage sind die Brennstoffzellen 1 mit diesem Gas gefüllt. Erst beim Anfahren wird durch Dampf aus dem Dampferzeuger 16 und Luft vom Kompressor 6 dieses Gas allmählich verdrängt.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie aus Brennstoffen mit elektrochemisch arbeitenden Brennstoffzellen, mit Vorrichtungen zum Zu- und Abführen der reagierenden Stoffe und der Reaktionsprodukte zu und von an die Oberflächen der Elektroden der Brennstoffzellen angrenzende Reaktionsräume, sowie mit Vorrichtungen zur Wärmeregulierung und Aufbereitung der Stoffströme, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffzelle (1) ein Wärmetauscher (2) zugeordnet ist, der zur Abkühlung der aus der Brennstoffzelle (1) abgeführten Stoffströme und zum Abscheiden von darin enthaltenen Kondensaten dient, und der die daraus gewonnene Wärme zur Erwärmung und Verdampfung der der Brennstoffzelle (1) zuzuführenden Stoffströme verwendet, ferner mit einer Gaswaschanlage (11), die zur Trennung von in der Brennstoffzelle (1) verwendetem Katalysatorgas und Brennstoffrestkomponenten aus den aus der Brennstoffzelle (1) abgeführten Brennstoffgasen dient, sowie mit Vorrichtungen zur Wiedereinspeisung der gewonnenen Kondensate in die Brennstoffzellen (1).
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine weitere Gaswaschanlage (20) vorgesehen ist, in der das in den Brennstoffgasen enthaltene Kohlendioxid in einer Transportflüssigkeit gelöst und abgeführt wird, und ein Restgasgemisch abgeschieden wird, das mittels geeigneter Vorrichtungen wieder in die Brennstoffzelle (1) eingespeist wird.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gerät (21) zur Wiederaufbereitung der Transportflüssigkeit bei Abgabe des Kohlendioxids an die Umgebungsluft vorgesehen ist, wobei die Transportflüssigkeit in einem geschlossenen Kreislauf zwischen Gaswaschanlage (20) und Gerät (21) geführt wird, und ein Wärmetauscher (26) zum Wärmetausch zwischen den Flüssigkeitsströmen vorgesehen ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gerät zur Regenerierung von Restkatalysatorgas und zum Abtrennen von Giftgasen aus der Transportflüssigkeit vorgesehen ist.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Wärmepumpe (23) vorgesehen ist, die zur Kühlung der Gaswasch-

anlagen (11, 20) über die Wärmetauscher (27, 25) dient, und die die generierte Wärme zum Heizen von einem Dampferzeuger (16) und dem Gerät (21) zur Wiederaufbereitung der Transportflüssigkeit zur Verfügung stellt.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsluftstrom durch Ventile (8, 9) in der Zu- und Abfuhrleitung zur Brennstoffzelle (1) geregelt ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom des Brennstoffgasgemisches zur Brennstoffzelle (1) durch ein Ventil (10) in der zur Gaswaschanlage (11) führenden Abfuhrleitung und durch Regelung der Dampferzeugung mittels eines Dampferzeugers (16) in der Zufuhrleitung geregelt ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffeinspritzung mittels einer Vorrichtung zur Messung der Zellenspannung geregelt ist.

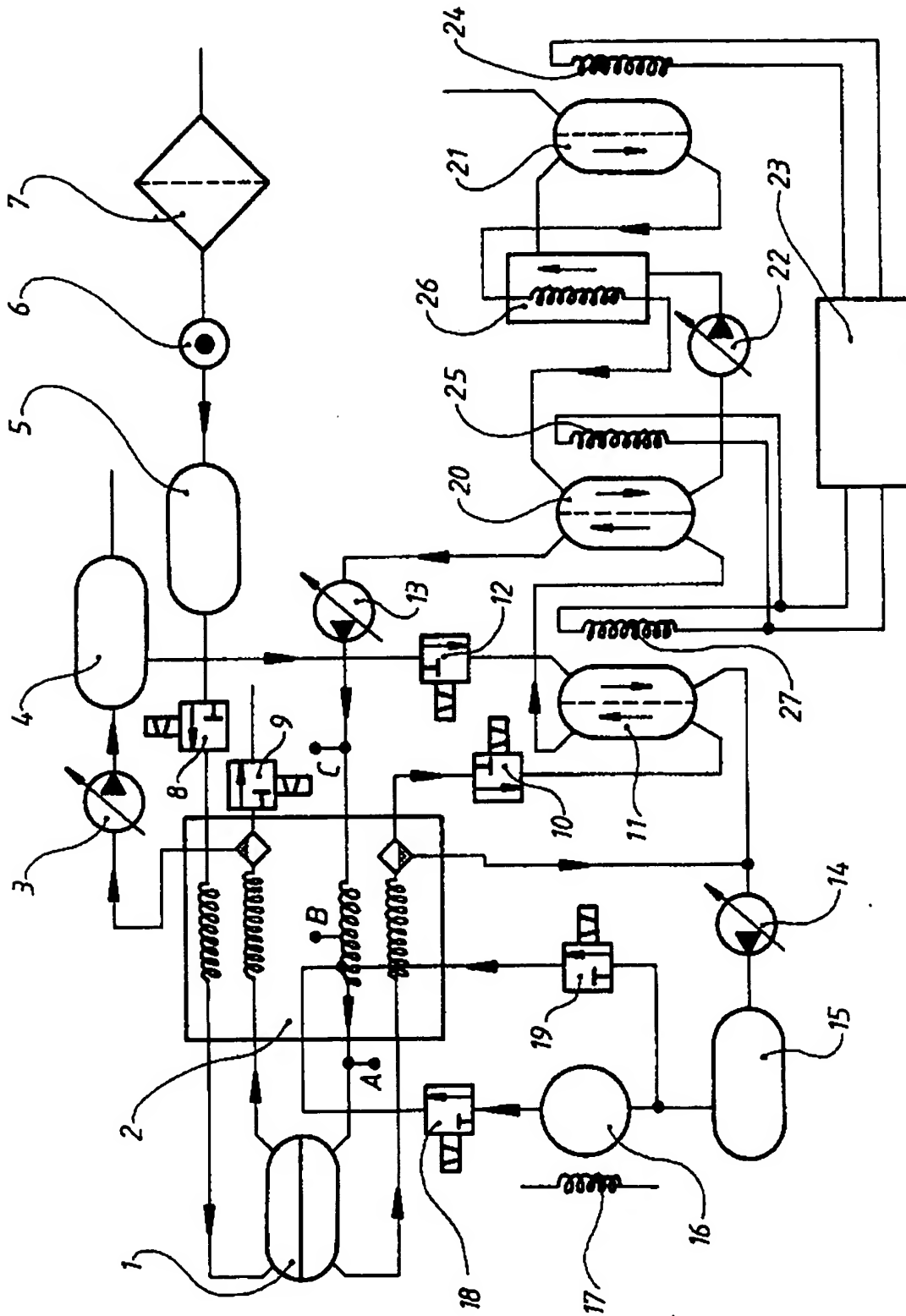
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei Stapelanordnung der Brennstoffzellen (1) von den reagierenden Stoffen zumindest das den Brennstoff enthaltende Gasgemisch serpentinartig nacheinander durch die einzelnen Brennstoffzellen (1) des Stapels geführt wird.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhr von Wasser zur brennstoffgasgemischseitigen Elektrode der Brennstoffzelle (1) in Abhängigkeit von dessen Konzentration im Brennstoffkondensat geregelt ist, das im Wärmetauscher (2) niedergeschlagen wird.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpen (3, 13, 14, 22) und Ventile (8, 9, 10, 12, 18, 19) zur Zu- und Abfuhr der Stoffströme zu und von der Brennstoffzelle (1) mikroprozessorgesteuert sind.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

— Leerseite —



**German Search Report of December 20, 1999**

**DE 38 12 812 (equivalent: US 5,156,926)**

**System for generating electric energy from fuels by means of electrochemically acting fuel cells**

The invention relates to a system for generating electric energy from fuels by means of electrochemically acting fuel cells. In order to achieve an operation of a system which is efficient and not harmful to the environment, heat exchangers and at least one gas washing unit are coupled to the fuel cells. The heat exchanger is constructed such that the heat quantities occurring during the process are reutilized for the operation of the fuel cells. The gas washing unit is used for the precipitation and recovery of residual fuel components contained in the fuel waste gas and of expensive catalyst gas which are recycled to the fuel cells. An additional gas washing unit and additional precipitating unit are controlled by a microprocessor to increase the efficiency of the system while energy is generated in a manner which leaves practically no residues and is not harmful to the environment.